

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-248505

⑪ Int.Cl.⁴

B 21 B 37/00

識別記号

1 1 3
BBM
BBP

庁内整理番号

Z-8315-4E

⑬ 公開 昭和63年(1988)10月14日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 圧延制御方法

⑮ 特 願 昭62-79986

⑯ 出 願 昭62(1987)3月31日

⑰ 発 明 者	北 村 章	兵庫県神戸市西区梶台3-35-119
⑰ 発 明 者	谷 清 博	兵庫県神戸市垂水区神陵台2丁目67-301
⑰ 発 明 者	中 田 隆 正	兵庫県明石市松が丘3-9-18
⑰ 発 明 者	内 藤 雪 夫	兵庫県加古川市平岡町二俣1002番地
⑰ 発 明 者	鈴 木 栄 一	兵庫県加古川市平岡町二俣1012番地
⑰ 発 明 者	菊 地 弘 介	兵庫県加古川市平岡町二俣1007番地
⑰ 出 願 人	株式会社神戸製鋼所	兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
⑰ 代 理 人	弁理士 吉田 茂明	外2名

明 細 書

1. 発明の名称

圧延制御方法

2. 特許請求の範囲

(1) 複数台の圧延スタンドを配列したタンデム圧延機において、

各圧延スタンドのミルモータのモータトルク目標値と圧延荷重目標値とを、被圧延板材の圧延条件の変動に応じて修正し、

修正されたモータトルク目標値および圧延荷重目標値と、モータトルク実測値および圧延荷重実測値とのそれぞれの偏差を求め、

前記各偏差を全体的に最小とするように、最終圧延スタンド以外の各圧延スタンドの出側板厚目標値を修正し、

修正後の出側板厚目標値に基づいて圧延動作を行なわせることを特徴とする圧延制御方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、鋼板などの被圧延板材の圧延を行

なうタンデム圧延機において、被圧延板材に硬度変動などの圧延条件変動があってもミルバランスを安定に保つことができる圧延制御方法に関する。

(従来の技術とその問題点)

タンデム圧延機における従来の板厚制御においては、上位計算機において各圧延スタンドの出側板厚目標値を計算して固定的に設定しておくとともに、各圧延スタンドの出側板厚を実測し、これらの目標値と実測値とを常に一致させるような制御を行なっている。このため、被圧延板材の入口側板厚変動や硬度変動などの圧延条件変動によって各圧延スタンド出側における板厚の目標値と実測値との間に偏差が生ずると、これらの偏差のそれぞれをゼロとするように、各圧延スタンド間張力、各圧延スタンドにおけるミルモータのトルク、それに圧延荷重を変化させなければならない。

これらのうち、張力変動は張力制御によって吸収させる。また、モータトルク変動は垂下率制御によって吸収し、圧延荷重の変動はモニタ制御によって吸収する。

ところが、各圧延スタンドのそれぞれの出側板厚を固定された目標値に一致させるような上記制御においては、各圧延スタンドに対して独立した制御が行なわれるため、以下のような問題が生じる。

① 張力制御は、板厚制御と干渉することなく、圧延スタンド間張力の変動を吸収できるが、これによってその前後に存在する圧延スタンドのモータトルクや圧延荷重がさらに変動してしまうことがある。

② モータトルク変動に対処するための垂下率制御では、圧延動作中のモータ電流を常時観測し、モータ電流値の変動量に応じてモータ速度を修正する。しかしながら、このような垂下率制御だけではモータトルクの変動分をすべて吸収することができない場合が多い上に、モータ速度の修正によって板厚変動や張力変動が誘発されてしまう。

③ 圧延荷重のモニタ制御は、本来、圧延機に大きな圧延荷重がかかった際に圧延機を保護するために行なわれる制御である。このため、この制御

は、微妙な圧延荷重の変動の吸収には適したものとなっており、適切な圧延荷重制御は困難である。

このように、従来の圧延制御方法では、各圧延スタンド出側における板厚を、固定的に設定された目標値に常に一致させようとしているために、各制御機能の性質に応じて各圧延スタンド間に複雑な干渉が生じる。

その結果、特定の圧延スタンドに過大な負担を強いることになり、各圧延スタンド相互間における制御状態のバランス（すなわちミルバランス）が失われてしまう。このため、操業トラブルも生じ易く、生産性や操作性をあまり高めることができないという問題があった。

（発明の目的）

この発明は、従来技術における上述の問題の克服を意図しており、タンデム圧延機において、被圧延板材に圧延条件の変動があっても、ミルバランスを安定に維持できるとともに、それによって操業トラブルの発生を防止し、生産性や操作性を

- 3 -

高めることができる圧延制御方法を提供することを目的とする。

（目的を達成するための手段）

上述の目的を達成するため、この発明では、複数台の圧延スタンドを配列したタンデム圧延機において、①各圧延スタンドのミルモータのモータトルク目標値と圧延荷重目標値とを、被圧延板材の圧延条件の変動に応じて修正し、②修正されたモータトルク目標値および圧延荷重目標値と、モータトルク実測値および圧延荷重実測値とのそれぞれの偏差を求め、③前記各偏差を全体的に最小とするように、最終圧延スタンド以外の各圧延スタンドの出側板厚目標値を修正し、④修正後の出側板厚目標値に基づいて圧延動作を行なわせる。

（実施例）

A. 実施例の制御原理

図面は、この発明の一実施例に用いられるミルバランス制御装置の概念図である。同図において、この実施例では、5台の圧延スタンドⅠ～Ⅴを配列して構成したタンデム圧延機を対象として、図

- 4 -

示のα方向に進行する被圧延板材5を冷間圧延する際のミルバランス制御を行なう。

そこで、この図面に示した装置の具体的構成と動作を説明する前に、この実施例の制御原理を説明する。ただし、この実施例においては、「圧延条件」の変動として、被圧延板材5の硬度変動を考える。

A 1. 硬度変動量

まず、上記硬度変動を求めるが、これは実測に基づく計算によって行なう。すなわち、時刻 l における材料硬度瞬時値 $qT(l)$ を下の(1)式で求める。なお、入側から数えて i 番目の圧延スタンドを「 $\#i$ スタンド」と略記している。

$$qT(l) = \sum_{i=1}^2 a_i P_i(l) + \sum_{i=1}^2 b_i t_{fi}(l) + c_1 H_{x1}(l) + c_2 h_{x2}(l) \quad \dots (1)$$

ここに、

$qT(l)$: 時刻 l における材料硬度、

$P_i(l)$: 時刻 l における $\#i$ スタンド
圧延荷重実測値、

- 5 -

- 6 -

$$G_i = 974 \times V_i \times I_i / R_i \quad \dots (6)$$

V_i : # i スタンドのミルモータ電圧

実測値、

I_i : # i スタンドのミルモータ電流

実測値、

R_i : # i スタンドのミルモータ速度

実測値、

により求められる # i スタンドのモータトルク実測値 G_i と、材料硬度変動を考慮したモータトルク目標値 G_{i0}' との偏差として、# i スタンドのモータトルク修正量 ΔG_i が下式で与えられる。

$$\Delta G_i = G_i - G_{i0}' \quad \dots (7)$$

A3. 出側板厚目標値の修正

次に、出側板厚目標値の修正について説明する。

まず、各圧延スタンドのモータトルク修正量 ΔG_i ($i=1, \dots, 5$) と、最終スタンド ($i=5$) 以外の各圧延スタンドの出側板厚目標値修正量 Δh_{i0} ($i=1, \dots, 4$) との関係を次式のように表現する。

$$\vec{\Delta G} = A_G \cdot \vec{\Delta h}_0 \quad \dots (8)$$

ここに、

$$\vec{\Delta G} = [\Delta G_1, \dots, \Delta G_5]^T$$

$$\vec{\Delta h}_0 = [\Delta h_{10}, \dots, \Delta h_{40}]^T$$

$$A_G = \begin{bmatrix} \frac{\partial G_1}{\partial h_1} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial G_2}{\partial h_1} & \frac{\partial G_2}{\partial h_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial G_3}{\partial h_2} & \frac{\partial G_3}{\partial h_3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial G_4}{\partial h_3} & \frac{\partial G_4}{\partial h_4} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial G_5}{\partial h_4} \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial G_i}{\partial h_{i-1}}, \frac{\partial G_i}{\partial h_i} : \text{板厚トルク影響係数}$$

であり、記号「 T 」は行列の転置を意味する。

同様に、# i スタンドの圧延荷重実測値 P_i と、材料硬度変動を考慮した # i スタンドの圧延荷重目標値 P_{i0}' との偏差としての圧延荷重修正量

- 11 -

ΔP_i が、(9) 式で与えられる。

$$\Delta P_i = P_i - P_{i0}' \quad \dots (9)$$

ここで、各圧延スタンドの圧延荷重修正量 ΔP_{i0} ($i=1, \dots, 5$) と、最終スタンド ($i=5$) 以外の各圧延スタンドの出側板厚目標値修正量 Δh_{i0} ($i=1, \dots, 4$) との関係を下式のように表現する。

$$\vec{\Delta P} = A_P \cdot \vec{\Delta h}_0 \quad \dots (10)$$

ただし、

$$\vec{\Delta P} = [\Delta P_1, \dots, \Delta P_5]^T$$

$$\vec{\Delta h}_0 = [\Delta h_{10}, \dots, \Delta h_{40}]^T$$

$$A_P = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial h_1} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial P_2}{\partial h_1} & \frac{\partial P_2}{\partial h_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial P_3}{\partial h_2} & \frac{\partial P_3}{\partial h_3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial P_4}{\partial h_3} & \frac{\partial P_4}{\partial h_4} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial P_5}{\partial h_4} \end{bmatrix}$$

- 13 -

- 12 -

$$\frac{\partial P_i}{\partial h_{i-1}}, \frac{\partial P_i}{\partial h_i} : \text{板厚圧延荷重影響係数}$$

である。

このため、(8) 式と(10)式とを満たすように出側板厚目標値修正量 Δh_{i0} ($i=1, \dots, 4$) を定めればよいわけであるが、 Δh_{i0} は 4 個 ($i=1, \dots, 4$) の変数であるのに対して、(8) 式および(10)式は合計 10 個の一次方程式を含む。したがって、一般には、特定の Δh_{i0} ($i=1, \dots, 4$) の値の組によって(8) 式および(10)式のすべてを満足させることはできない。

そこで、可能な限り同程度に(8) 式および(10)式の全体を満足させるように、換言すれば、全体として偏差 ΔP_i 、 ΔG_i ($i=1, \dots, 5$) を最小とするように Δh_{i0} ($i=1, \dots, 4$) の値を定める。これは、たとえば、重み付き最小 2 乗法によって、

$$J(\vec{\Delta h}_0) = \vec{E}_G^T W \vec{E}_G + \vec{E}_P^T R \vec{E}_P$$

$$\vec{E}_G \equiv \vec{\Delta G} - A_G \cdot \vec{\Delta h}_0$$

$$\vec{E}_P \equiv \vec{\Delta P} - A_P \cdot \vec{\Delta h}_0$$

... (11)

- 14 -

を最小にする $\Delta \vec{h}_0^*$ を求め、この $\Delta \vec{h}_0^*$ を $\Delta \vec{h}_0$ とすればよい。

ただし、 W 、 R は重み行列であって、

$$W = \text{diag}[w_1, \dots, w_5]$$

$$R = \text{diag}[r_1, \dots, r_5] \quad \dots (12)$$

によって定義され、これらの重み行列 W 、 R の各要素 w_i 、 r_i ($i=1, \dots, 5$)の値は、どの圧延スタンドの制御を優先させるかに応じてあらかじめ定めておく。なお、(12)式中の「diag」は、[]内の各要素を対角配列し、他の行列要素を0として 5×5 行列を生成することを意味する。

(11)式を最小にするような $\Delta \vec{h}_0^*$ は、具体的に

$$\partial J(\Delta \vec{h}_0) / \partial \Delta \vec{h}_0 = 0 \quad \dots (13)$$

を解くことによって与えられ、その結果は、

$$\Delta \vec{h}_0^* = (A_G^T W A_G + A_P^T R A_P)^{-1} \cdot (A_G^T W \Delta \vec{G} + A_P^T R \Delta \vec{P}) \quad \dots (14)$$

すなわち、

$$\Delta h_{i0} = \sum_{j=1}^3 a_{ij} \Delta G_j + \sum_{j=1}^5 b_{ij} \Delta P_j$$

- 15 -

は、

$$\Delta h_{05}^* = 0 \quad \dots (18)$$

としておく。それは、最終スタンドの出側板厚は製品板厚となるため、上記のような修正を加えることはできないからである。

このようにして(17)式の(修正された)出側目標板厚 \vec{h}_0^* が求まると、これを目標値として各圧延スタンドにおけるミルモータ速度制御と、圧延荷重制御とを行なう。この制御において、材料硬度変動による制御量の変化は各スタンドが分担して補償することになるため、特定の圧延スタンドのみに過大な負担を強いることもなく、ミルバランスは安定に維持されることになる。

B. 実施例の具体的構成と動作

このような制御原理に従ってミルバランス制御を行なう実施例の具体的構成と動作を図面を参照して説明する。

この実施例では、前述したように5台の圧延スタンドI~Vの配列を有するタンデム圧延機を対象としており、各スタンドI~Vは、圧延ロール

$$(i=1, \dots, 4) \quad \dots (15)$$

となる。ただし、(15)式中の係数 a_{ij} 、 b_{ij} は、

a_{ij} :

行列 $(A_G^T W A_G + A_P^T R A_P)^{-1} A_G^T W$ の要素、

b_{ij} :

行列 $(A_G^T W A_G + A_P^T R A_P)^{-1} A_P^T R$ の要素、

であって、圧延前にあらかじめオフライン計算によって求めておく。

このようにして計算された $\#i$ スタンド出側板厚目標値修正値 Δh_{i0}^* を、上位計算機によって計算された $\#i$ スタンド出側板厚目標値 h_{i0} に加えて、修正された板厚目標値 h_i^* ($i=1, \dots, 5$)を求める。すなわち、

$$\vec{h}_0^* \equiv [h_1^*, \dots, h_5^*] \quad \dots (16)$$

としたとき、

$$\vec{h}_0^* = \vec{h}_0 + \Delta \vec{h}_0^* \quad \dots (17)$$

である。ただし、 \vec{h}_0 は、 h_{i0} を成分とするベクトルである。また、最終スタンド($i=5$)について

- 16 -

1. 油圧圧下装置2、ミルモータM、ロードセル4などを備えている。また、制御系としては、上位計算機10およびミルバランス制御装置20のほか、通常の板厚制御に使用される板厚制御系31、速度制御系32および油圧制御系33を備えている。この装置において、上記制御を行なうにはまず、ミルバランス制御系20内のブロック21に、

(a) ロードセル4で実測された圧延荷重実測値 $P_i(l)$ 、

(b) テンションメータ3で測定された張力実測値 $t_{fi}(l)$ 、

(c) X線厚み計6によって計測された $\#1$ スタンド入側板厚実測値 $H_{x1}(l)$ 、

(d) $\#2$ スタンド出側板厚実測値 $h_{x2}(l)$ 、

を取込む。そして、このブロック21で(2)式に基く演算を行ない、材料硬度 QT を求める。

この材料硬度 QT と、上位計算機10から与えられた基準硬度 QT_0 との偏差としての材料硬度変動量 ΔQT (3)式)は、図のブロック22、

- 18 -

23に与えられる。そして、このブロック22、23において、上位計算機10から与えられるモータトルク目標値 \vec{G}_0 および圧延荷重目標値 \vec{P}_0 を、上記材料硬度変動量 $\Delta Q T$ に応じて修正する((14)、(15)式)。ただし、この修正に必要な係数 A_g 、 A_p 等はあらかじめ設定されている。

このようにして修正されたモータトルク目標値 \vec{G}_0' および圧延荷重目標値 \vec{P}_0' ：

$$\vec{G}_0' \equiv [G_{01}', \dots, G_{05}'] \quad \dots (19)$$

$$\vec{P}_0' \equiv [P_{01}', \dots, P_{05}'] \quad \dots (20)$$

は、モータトルク実測値 \vec{G} および圧延荷重実測値 \vec{P} から差引かれ、それによってモータトルク偏差 $\Delta \vec{G}$ および圧延荷重偏差 $\Delta \vec{P}$ が得られる((7)、(9)式)。

これらはそれぞれブロック24、25に与えられ、これらのブロック24、25において、(15)式の右辺第1項および第2項がそれぞれ計算される。そして、それらの和として板厚目標値修正量 $\Delta \vec{h}_0^*$ が得られる。さらに、この板厚目標値修正量 $\Delta \vec{h}_0^*$ と、上位計算機10から与えられた当初

の板厚目標値 \vec{h}_0 とが互に加算されて、修正された板厚目標値 \vec{h}_0^* となり、これが板厚制御系31に与えられる。

板厚制御系31は、各圧延スタンドの出側板厚が修正後の板厚目標値 \vec{h}_0^* となるように速度制御系32および油圧制御系33に制御出力を与え、それによって各圧延スタンドのミルモータ速度や油圧圧下量などが変化する。

このように、材料硬度変動に対して#1～#4スタンドにおける出側板厚目標値を修正し、各圧延スタンドで分担してこの材料硬度変動に対処することにより、ミルモータMや油圧圧下装置2の負担のバランスを維持することができことになる。

なお、上記実施例では、圧延条件の変動として材料硬度変動を考えたが、#1スタンド入側板厚変動などに対しても、上記と同様の処理を行なうことにより、ミルバランスを維持した対処が可能となる。つまり、図面のブロック22、23は、所定の種類の圧延条件の変動に対して \vec{G}_0 、 \vec{P}_0 を修正するものであればよい。

- 19 -

(発明の効果)

以上説明したように、この発明によれば、圧延条件の変動に応じて修正されたモータトルク目標値および圧延荷重目標値と、モータトルク実測値および圧延荷重実測値とのそれぞれの偏差を求め、この偏差が全体的に最小となるように、最終圧延スタンド以外の各圧延スタンドの出側板厚目標値を修正しているため、総合的な制御が行なわれることになり、圧延条件の変動があってもミルバランスを安定に維持できる。

そして、これによって操業トラブルの発生も防止され、生産性や操業性を高めることができる。

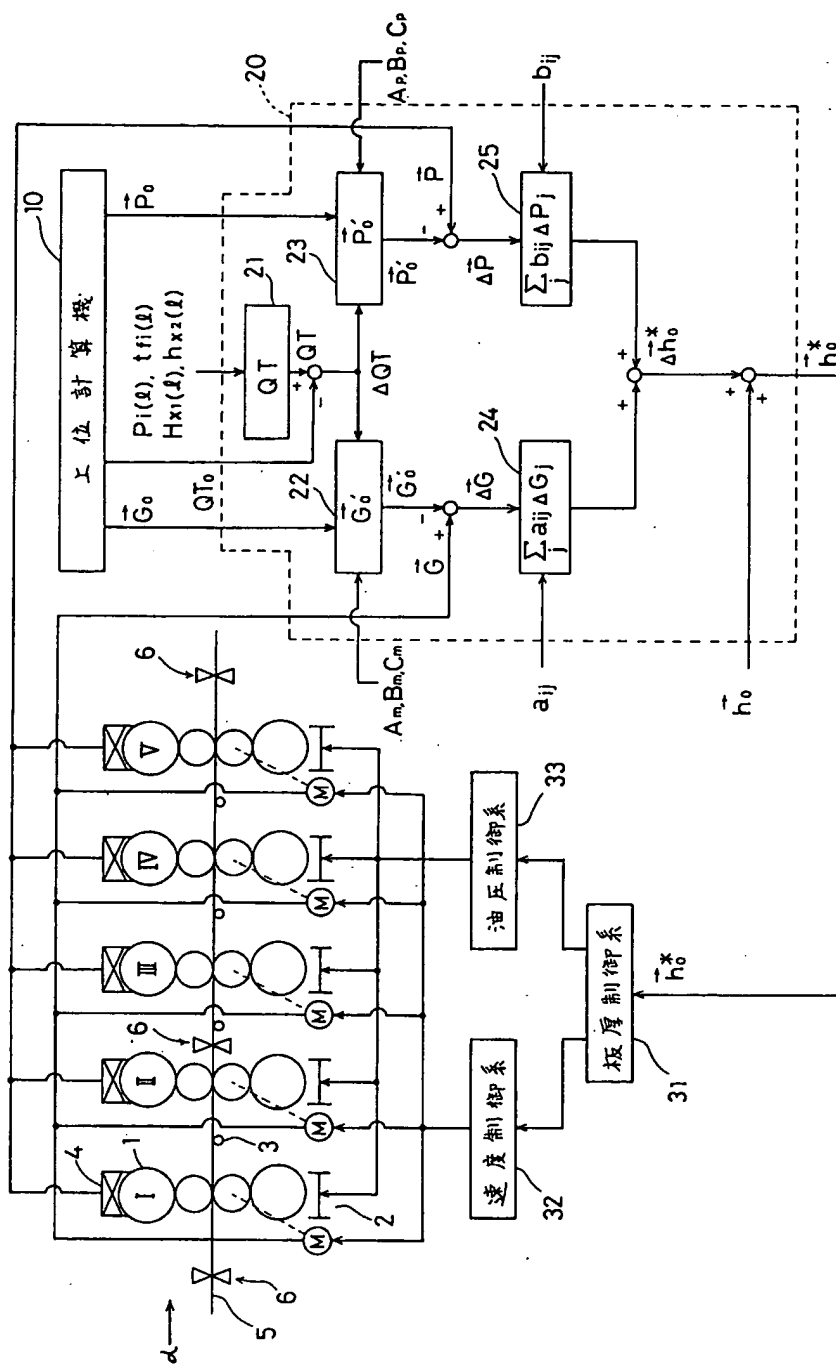
4. 図面の簡単な説明

図面は、この発明の一実施例を実現する装置の概念図である。

- 1 … 圧延ロール、
- 2 … 油圧圧下装置、
- 3 … テンションメータ、
- 4 … ロードセル、
- 5 … 被圧延板材、
- 6 … X線厚み計、
- M … ミルモータ、
- 10 … 上位計算機、
- 20 … ミルバランス制御装置

- 21 -

- 20 -



PAT-NO: JP363248505A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 63248505 A
TITLE: CONTROL METHOD FOR ROLLING
PUBN-DATE: October 14, 1988

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
KITAMURA, AKIRA
TANI, KIYOHIO
NAKADA, TAKAMASA
NAITO, YUKIO
SUZUKI, EIICHI
KIKUCHI, HIROSUKE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOBE STEEL LTD	N/A

APPL-NO: JP62079986

APPL-DATE: March 31, 1987

INT-CL (IPC): B21B037/00, B21B037/00 , B21B037/00

US-CL-CURRENT: 72/8.6

ABSTRACT:

PURPOSE: To stabilize the mill balance by correcting a motor torque target value and a rolling load target value of respective mills in proportion of a variation in a rolling condition for sheet stocks and correcting an outlet side sheet thickness target value of respective mills to minimize a deviation between a measured and a target values.

CONSTITUTION: A hydraulic drafting device 2, a load cell 4, a tension meter 3, and a thickness gage 6 are installed in stands of I∼V in a tandem

rolling mill, respectively. A rolling load measured value by the load cell 4, a tension measured value by the meter 3, and an inlet side thickness measured value by the gage 6 are inputted to a block 21 and a change amount in a material hardness as a variation in a rolling condition is found. Then, a motor torque target value G_{0} and a rolling load target value P_{0} from a host computer 10 are corrected based on the hardness change amount; rolling is performed by setting respective outlet side sheet thickness target values to minimize respective deviations between the target values of G_{0} and P_{0} and a measured values of G and P in respective stands. Thus, the mill balance is stabilized.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio